



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 44 22 554 C 1

⑤① Int. Cl.⁸:
F 16 H 59/46
F 16 H 61/02
B 60 K 41/28

②① Aktenzeichen: P 44 22 554.7-12
②② Anmeldetag: 28. 6. 94
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 10. 95

DE 44 22 554 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Mercedes-Benz AG, 70327 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Boll, Wolf, Dr.-Ing., 71384 Weinstadt, DE;
Schondelmaier, Andreas, Dipl.-Ing., 70619 Stuttgart,
DE; Hampel, Volker, Dipl.-Ing. (BA), 73733 Esslingen,
DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

| | |
|----|--------------|
| DE | 42 02 083 A1 |
| DE | 40 12 595 A1 |
| AT | 31 05 72B |
| US | 49 91 454 |

⑤④ Vorrichtung zur Drehzahlsynchronisation für ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Drehzahlsynchronisation für ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb, bei dem der Elektromotor bei Schaltvorgängen zur Drehzahlsynchronisation eingesetzt wird. Hierzu wird von Sensoren überprüft, ob ein Schaltvorgang gestartet und welcher Gang eingelegt wird und daraus eine Solldrehzahl für die Getriebeeingangswelle ermittelt und eingestellt. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, bereits vor dem Eintritt des Handschalthebels in die gewünschte Schaltgasse mit Hilfe einer Vorsteuerlogik eine vorläufige Dehzhahlsynchronisation durchzuführen. Beim Eintritt in die gewünschte Schaltgasse wird dann die vorläufige Solldrehzahl mit der tatsächlich gewünschten Solldrehzahl verglichen und gegebenenfalls korrigiert. Zur Durchführung der Synchronisation wird vorgeschlagen, in der Quergasse der Schalkulisse zwischen den einzelnen Schaltgassen und in den Schaltgassen jeweils einen Sensor zur Erfassung der Bewegung des Schalthebels anzuordnen.

DE 44 22 554 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Drehzahlsynchronisation für ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der DE 42 02 083 A1 ist ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb bekannt, bei dem ein Verbrennungsmotor über eine Kupplung und ein Elektromotor direkt mit einer Getriebeeingangswelle verbunden sind. Der Elektromotor wird zusätzlich als Synchronisationshilfe verwendet, indem während eines Schaltvorgangs die Getriebeeingangswelle auf eine vorgegebene Solldrehzahl gebracht wird. Die Solldrehzahl wird ermittelt mit Hilfe von Gangwahlsensoren, die die Bewegung des Ganghebels in der gewünschten Schaltgasse erfassen.

Außerdem ist aus der AT-PS 310 572 ein Schaltgetriebe für Kraftfahrzeuge bekannt, bei dem mit Hilfe eines zusätzlichen Elektromotors die Drehzahlen der Getriebeeingangs- und Getriebeausgangswellen in Abhängigkeit vom gewünschten Gang synchronisiert werden.

Weitere Synchronisationshilfen sind aus der DE 40 12 595 A1, bei der vor dem Wiedereinkuppeln nach einem Gangwechsel die Drehzahl automatisch angepaßt wird, und aus der US 4 991 454, bei der eine Vorrichtung zur Gangwahl während eines Verzögerungszeitraumes bei einer halbautomatischen Schaltung vorgesehen ist, bekannt.

Diese Synchronisationshilfen weisen den Nachteil auf, daß sie zu langsam sind, da sie den gewünschten Gang erst dann erkennen, wenn der Handschalthebel in die entsprechende Schaltgasse eingeführt wird. Dies kann sich störend bemerkbar machen, wenn der Fahrer den Handschalthebel in die Schaltstellung zwingen will, bevor die Synchronisation beendet ist. In diesem Fall wird die Beendigung des Schaltvorgangs kurzzeitig verweigert beziehungsweise mit Hakeln quittiert.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine solche Vorrichtung derart zu verbessern, daß die Drehzahlsynchronisation in kürzerer Zeit bewerkstelligt werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Durch das Aufteilen der Drehzahlsynchronisation in zumindest einen vorläufigen und einen nachgeschalteten Synchronisationsvorgang ist es möglich, die Solldrehzahl an der Getriebeeingangswelle schneller einzustellen. Bei der vorläufigen Synchronisation wird durch eine Vorsteuerlogik zum frühest möglichen Zeitpunkt ermittelt, ob es sich bei dem eingeleiteten Schaltvorgang um einen Schaltvorgang in einen höheren oder einen niedrigeren Gang handelt. Entsprechend wird dann die ermittelte Solldrehzahl eingestellt. Werden im Verlauf des Schaltvorgangs weitere Informationen zugänglich, an Hand derer eine genauere Identifikation des gewünschten Ganges möglich wird, so wird eine weitere vorläufige Drehzahlsynchronisation durchgeführt. Wird der Handschalthebel schließlich in eine Schaltgasse eingeführt und damit der gewünschte Gang exakt identifiziert, so wird auf dieser Grundlage eine Solldrehzahl ermittelt, mit der letzten vorläufigen Solldrehzahl verglichen und gegebenenfalls angepaßt.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor. Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 eine schematische Prinzipdarstellung eines Kraftfahrzeugs mit Hybridantrieb,

Fig. 2 die Schaltkulisse eines Kraftfahrzeugs mit Fünfganggetriebe,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Fünfganggetriebes mit Dreistangenschaltung,

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Schwenkbereichs des Schalthebels für den dritten und vierten Gang aus Fig. 3,

Fig. 5 einen Ablaufplan einer Drehzahlsynchronisation

Fig. 6 eine Aufteilung der Schaltkulissenbereiche in entsprechende Wertebereiche der Potentiometer P₁—4 und

Fig. 7—12 Zugehörigkeitsfunktionen der Eingangs- und Ausgangsgrößen für die Implementierung eines Fuzzy-Reglers zeigen.

Der Hybridantrieb des nicht näher gezeigten Kraftfahrzeugs in Fig. 1 besteht aus einem Verbrennungsmotor 1, einem Elektromotor 2 und einem Schaltgetriebe 3. Der Verbrennungsmotor 1 und der Elektromotor 2 sind auf einer Getriebeeingangswelle 4 des Schaltgetriebes 3 angeordnet, wobei zwischen dem Verbrennungsmotor 1 und dem Elektromotor 2 eine Trennkupplung 5 vorgesehen ist. Die Getriebeausgangswelle 7 des Schaltgetriebes 3 ist mit einer Antriebswelle 8 des Kraftfahrzeugs verbunden; gegebenenfalls kann der Elektromotor 2 über eine weitere Kupplung 6 von der Getriebeeingangswelle 4 abgekoppelt werden.

Das Kraftfahrzeug kann wahlweise durch den Verbrennungsmotor 1 allein, durch den Elektromotor 2 allein oder gleichzeitig durch Verbrennungsmotor 1 und Elektromotor 2 angetrieben werden. Beim Antrieb mit Hilfe des Verbrennungsmotors 1 ist die Trennkupplung 5 geschlossen, wobei der Elektromotor 2 in diesem Fall als Generator zum Aufladen einer Batterie 9 betrieben werden kann. Zwischen dem Elektromotor 2 und der Batterie 9 ist ein Wechselrichter 55 vorgesehen. Im Mischbetrieb bleibt die Trennkupplung 5 weiterhin geschlossen, wobei der Elektromotor 2 als zusätzlicher Fahrzeugantrieb verwendet wird. In diesem Betriebszustand kann der Fahrzeugantrieb die maximale Leistung bringen, da sich die vom Verbrennungsmotor 1 und vom Elektromotor 2 abgegebenen Drehmomente an der Getriebeeingangswelle 4 addieren. Beim ausschließlichen Betrieb mit Hilfe des Elektromotors 2 wird die Trennkupplung 5 geöffnet. Durch das Öffnen der zweiten Trennkupplung 6 kann zusätzlich auch der Elektromotor 2 vom Antriebsstrang 8 des Fahrzeugs abgekoppelt werden. Dies ist nur dann erforderlich, wenn das Trägheitsmoment des Elektromotors 2 zu so langwierigen Synchronisationen führt, daß der Schaltvorgang dadurch behindert würde.

Das Schaltgetriebe 3 wird mit Hilfe eines Handschalthebels 10 betätigt. Am Schaltgetriebe 3 sind Gangerkennungs- und Gangwahlsensoren 11 angeordnet, mit deren Hilfe der eingelegte Gang i beziehungsweise die momentane Position des Handschalthebels 10 während eines Schaltvorgangs detektiert werden kann. Am Handschalthebel 10 sind außerdem Sensoren 12 zur Erfassung der Querbewegung des Handschalthebels 10

vorgesehen. Die Signale dieser Sensoren 11, 12 werden in einem Steuergerät 13, in dem das weiter unten beschriebene Verfahren zur Drehzahlsynchronisation abläuft, ausgewertet und verarbeitet. Zusätzlich wird mit Hilfe von Drehzahlsensoren 28, 29 die Drehzahlen n_{ein} , n_{aus} der Getriebeeingangs- und -ausgangswelle 4, 7 als Eingangswert für das Steuergerät 13 ermittelt. Das Steuergerät 13 schickt außerdem die für die Drehzahlsynchronisation notwendigen Steuerbefehle an den Wechselrichter 55 des Elektromotors 2 und gegebenenfalls an weitere Fahrzeugaggregate. Das erfindungsgemäße Verfahren kann aber nicht nur auf die hier beschriebene Anordnung, sondern auch auf beliebige andere Hybridantriebe, beispielsweise auch solche ohne Trennkupplung 6 zwischen Elektromotor 2 und Schaltgetriebe 3, angewendet werden. Ferner kann bei einem automatisierten Schaltungsablauf auch der Verbrennungsmotor 1 zur Synchronisierung mit angesteuert werden. Im Ausführungsbeispiel wird ein herkömmliches Schaltgetriebe 3 mit mechanischer Synchronisierung verwendet. Während des Schaltvorgangs soll die mechanische Synchronisereinrichtung durch aktive Mithilfe des Elektromotors 2 entlastet werden.

Die Schaltung wird nun anhand der Fig. 2—4 näher beschrieben. Der Handschalthebel 10 ist in einer Schaltkulisserie 14 geführt.

Bei der in diesem Ausführungsbeispiel beschriebenen Fünfgang-Schaltung weist die Schaltkulisserie 14 insgesamt sechs Schaltgassen 15—20 auf. Senkrecht zu einer neutralen Gasse 21 erstrecken sich die Schaltgassen 15—18 für den 1. beziehungsweise 3. und den 2. beziehungsweise 4. Vorwärtsgang jeweils in entgegengesetzter Richtung. Zusätzlich ist seitlich von der Schaltgasse 17 für den dritten Gang eine weitere Schaltgasse 20 für den 5. Gang vorgesehen. Auf der in Richtung der neutralen Gasse 21 gegenüberliegenden Seite der Schaltkulisserie 14 ist außerdem parallel zum 2. Gang noch eine weitere Schaltgasse 20 für den Rückwärtsgang angeordnet.

Mit den Gangerkennungs- und Gangwahlsensoren 11 und dem Sensor 12 wird laufend die Position des Handschalthebels 10 in der Schaltkulisserie 14 überwacht. Die Art und die genaue Anordnung der Sensoren 11, 12 ist nicht Gegenstand der Erfindung und wird deshalb auch nicht näher beschrieben. Lediglich die Punkte innerhalb der Schaltkulisserie 14, die für die Vorsteuerlogik beziehungsweise die endgültige Drehzahlsynchronisation wichtig sind, sind in Fig. 2 schematisch eingezeichnet. Mit A_i sind die Positionen gekennzeichnet, an denen die Gangwahlsensoren 11 ein Einspuren des Handschalthebels 10 in die entsprechende Schaltgasse 15—19 erkennen. Die Gangerkennungssensoren 11 erkennen an den Punkten B_i , ob der entsprechende Gang i eingelegt, beziehungsweise momentan ausgespurt wird. An den Punkten C_{i-j} wird schließlich erkannt, ob der Handschalthebel 10 entlang der neutralen Gasse 21 zwischen zwei Schaltgassen 15—20 bewegt wird. Zur Sensierung können Potentiometer oder Schleifkontakte, die am Handschalthebel 10 oder an den Schalthebeln 25—27 am Schaltgetriebe 3 vorgesehen sind, verwendet werden.

Die Bewegung des Handschalthebels 10 innerhalb der Schaltkulisserie 14 wird mit Hilfe eines Schaltgestänges 22—24 auf Schalthebel 25—27 am Schaltgetriebe 3 übertragen. Wird der Handschalthebel 10 innerhalb der neutralen Gasse 21 bewegt, so befinden sich alle Schalthebel 25—27 ebenfalls in Neutralstellung, so daß keine Kraftübertragung von der Eingangswelle 4 auf die Ausgangswelle 7 des Schaltgetriebes 3 erfolgt. Wird nun der Handschalthebel 10 in eine der Schaltgassen 15—20 eingespurt, so wird über die entsprechende Stange 22—24 der zugehörige Schalthebel 25—27 verschwenkt und damit ein vorgegebenes Übersetzungsverhältnis f_i am Schaltgetriebe 3 eingestellt. Zu beachten ist, daß der Rückwärtsgang und der 5. Gang über eine gemeinsame Stange 22 auf das Schaltgetriebe 3 übertragen wird.

Der Ablauf der Drehzahlsynchronisation wird nun anhand von Fig. 5 näher erläutert. Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Schaltvorgänge zwischen Vorwärtsgängen, also in diesem Ausführungsbeispiel des 1. bis 5. Ganges. Auf die Problematik, die bei Schaltvorgängen in und aus dem Rückwärtsgang auftreten, wird weiter unten eingegangen. Die Vorsteuerlogik wird in Block 30 immer dann aktiviert, wenn von einem der Gangerkennungssensoren 11 beim Ausspuren des Handschalthebels 10 aus seiner Rastposition im i . Gang der Beginn eines Schaltvorgangs erkannt wird. In der ersten Stufe des Verfahrens wird anschließend in den Blöcken 31 beziehungsweise 32 überprüft, ob der niedrigste beziehungsweise höchste Gang i eingelegt war. Wird dabei in Block 31 erkannt, daß der Handschalthebel 10 aus dem ersten Gang ausgespurt wurde, so wird zum Block 32 gesprungen, wo der Erwartungswert auf $z=2$ gesetzt wird. Als Erwartungswert z wird hierbei der von der Vorsteuerlogik erkannte Gangwunsch bezeichnet. War nicht der erste Gang eingelegt, so wird von Block 31 zum Block 33 verzweigt und anschließend überprüft, ob der fünfte Gang eingelegt war. Ist dies der Fall, so wird zum Block 34 verzweigt und der Erwartungswert auf $z=4$ gesetzt. Im anderen Fall, das heißt wenn $i \neq 5$ war, wird das Verfahren im Block 35 fortgesetzt. Dieser erste Teil der Vorsteuerlogik beruht auf der Erkenntnis, daß aus dem niedrigsten Gang, wiederum ohne Berücksichtigung des Rückwärtsganges, nur in einen höheren Gang, beziehungsweise aus dem höchsten Gang nur in einen niedrigeren Gang geschaltet werden kann. Somit kann in diesen beiden Fällen bereits zu diesem sehr frühen Zeitpunkt eine vorläufige Drehzahlsynchronisation durchgeführt werden. Sollte sich später herausstellen, daß beim aktuellen Schaltvorgang der nächst höhere beziehungsweise niedrigere Gang übersprungen wird, so muß spätestens beim Einspuren in die gewünschte Schaltgasse 15—19 eine weitere Drehzahlsynchronisation auf die dann gültige Solldrehzahl $n_{\text{solld}}(z)$ durchgeführt werden. Die dabei zu überwindende Drehzahldifferenz wird aber durch die vorläufige Drehzahlkorrektur reduziert und somit die Dauer des Synchronisationsvorgangs verkürzt.

Wurde im ersten Teil der Vorsteuerlogik kein Erwartungswert z festgelegt, so wird direkt im Anschluß in Block 35 der zweite Teil der Vorsteuerlogik gestartet. Der zweite Teil betrifft alle Gänge, aus denen sowohl ein Hoch- als auch ein Herunterschalten möglich ist. In diesem Ausführungsbeispiel betrifft dies also die Gänge zwei bis vier. Hierbei wird in Block 35 beziehungsweise 37 ausgehend von der momentanen Drehzahl n_{aus} der Getriebeausgangswelle 7 anhand des entsprechenden Übersetzungsverhältnisses f_{i+1} , f_{i-1} eine Solldrehzahl $n_{\text{solld}}(i+1)$ für den nächst höheren Gang $i+1$, beziehungsweise eine Solldrehzahl $n_{\text{solld}}(i-1)$ für den nächst niedrigeren Gang $i-1$ ermittelt. In Block 35 wird dann überprüft, ob die Solldrehzahl $n_{\text{solld}}(i+1)$ eine für den $i+1$. Gang vorgegebene Mindestdrehzahl $n_{\text{min}}(i+1)$ unterschreitet. Ist dies der Fall, so wird in Block 36 der Erwar-

tungswert auf $z = i - 1$ gesetzt. Im anderen Fall wird in Block 37 überprüft, ob die Solldrehzahl $n_{\text{sol}}(i - 1)$ eine für den $i - 1$. Gang vorgegebene Höchstdrehzahl $n_{\text{max}}(i - 1)$ übersteigt und gegebenenfalls in Block 38 der Erwartungswert auf $z = i + 1$ gesetzt.

Im zweiten Teil der Vorsteuerlogik wird also die aktuelle Drehzahlinformation dazu verwendet, einen Wert für den Erwartungswert z zu ermitteln. Auch dieser zweite Teil kann unmittelbar nach dem Aussparen des Handschalthebels 10 aus der jeweiligen Rastposition B_i durchgeführt werden. Er beruht auf der Erkenntnis, daß dann, wenn vor dem Schaltvorgang der Antrieb bereits mit einer niedrigen Drehzahl arbeitete, ein Schaltvorgang in einen höheren Gang unwahrscheinlich ist. Entsprechend kann aus einer hohen Momentandrehzahl geschlossen werden, daß ein Schaltvorgang in einen niedrigeren Gang unwahrscheinlich ist. In diesen Fällen wird dann der nächstniedrigere beziehungsweise höhere Gang als Erwartungswert z vorgegeben.

Wurde keine der Bedingungen in den Blöcken 31, 33, 35 und 37 erfüllt, so kann zu diesem frühen Zeitpunkt noch keine Aussage über den Erwartungswert z gemacht werden. Als Erwartungswert z wird in diesem Fall in Block 39 der momentan eingelegte Gang i vorgegeben. Das Verfahren wird anschließend in Block 49 fortgesetzt wo aus dem momentan gültigen Erwartungswert z und der momentanen Ausgangsdrehzahl n_{aus} des Schaltgetriebes 3 die Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ berechnet und laufend eingestellt wird. Die genaue Vorgehensweise bei der Drehzahlsynchronisation wird weiter unten beschrieben.

Fortgesetzt wird die Synchronisation anschließend im dritten Teil der Vorsteuerlogik, der die Blöcke 40—48 umfaßt. Hierbei wird in den Blöcken 40 und 44 überprüft, ob der Handschalthebel 10 entlang der neutralen Gasse 21 von einer Schaltgasse 15—20 in eine in Richtung der neutralen Gasse 21 benachbarte Schaltgasse 15—20 bewegt wird. Die Überwachung der Querbewegung erfolgt mit Hilfe der Sensoren 12, die gegebenenfalls die Signale C_{4-5} , C_{2-3} beziehungsweise C_{R-1} erzeugen. Wird nun in Block 40 erkannt, daß vom Sensor 12 ein Signal C_{4-5} erzeugt wurde, so wird zum Block 41 verzweigt. Dort wird überprüft, welcher Gang i bisher eingelegt war. War bisher der 5. Gang eingelegt, so wird zum Block 42 gesprungen, wo der nächstniedrigere Gang als Erwartungswert $z = 4$ vorgegeben wird. War bisher nicht der fünfte Gang eingelegt, so wird vom Block 41 zum Block 43 gesprungen, wo als Erwartungswert $z = 5$ dann der fünfte Gang vorgegeben wird.

Entsprechend ist die Vorgehensweise, wenn in Block 44 ein Signal C_{2-3} erkannt wird. In diesem Fall wird in Block 45 überprüft, auf welcher Seite des Sensors 12 sich der Handschalthebel 10 zuvor befunden hat. Wird dabei erkannt, daß der bisherige Gang größer als 2 ist, so wird in Block 46 der nächstniedrigere Gang, also $z = 2$, als neuer Erwartungswert vorgegeben. Wird dagegen erkannt, daß der bisherige Gang kleiner oder gleich zwei war, so wird zum Block 47 verzweigt, wo der nächst höhere Gang, also $z = 3$, als neuer Erwartungswert vorgegeben wird. Aus den Blöcken 42, 43, 46 beziehungsweise 47 wird nach dem Erkennen einer Querbewegung des Handschalthebels 10 jeweils zum Block 48 gesprungen, wo als aktueller Gang i der Erwartungswert z vorgegeben wird, obwohl sich der Handschalthebel 10 zu diesem Zeitpunkt noch in der neutralen Gasse 21 befindet. Anschließend wird dann in Block 49 auf der Basis des aktuellen Erwartungswertes z wiederum die Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ ermittelt.

Dieser dritte Teil der Vorsteuerlogik, der dem ersten und zweiten Teil nachgelagert ist, wird ebenfalls noch zu einem Zeitpunkt, an dem der Handschalthebel 10 noch nicht in die gewünschte Schaltgasse 15—20 eingespurt ist, durchgeführt. Auch hier kann der gewünschte Gang im allgemeinen noch nicht endgültig vorhergesagt werden. Die Drehzahlsynchronisation weist jedoch auch hier tendenziell in die richtige Richtung, so daß die bei der endgültigen Drehzahlsynchronisation zu überwindende Drehzahldifferenz zumindest reduziert wird.

Der vierte Teil der Drehzahlsynchronisation, der die Blöcke 50—51 umfaßt, wird durch das Einspuren des Handschalthebels 10 in eine Schaltgasse 15—20 aktiviert. Dieser Vorgang wird von einem der Gangwahlsensoren 11 erkannt, welcher dann ein entsprechendes Signal A_j erzeugt. Für den Rückwärtsgang ist es auch möglich, das Einspuren des Handschalthebels 10 in die Schaltgasse 20 bereits durch den Sensor C_{R-1} zu erkennen, wobei dann auf den Sensor A_R verzichtet werden kann. Wird nun in Block 50 ein solches Signal A_j registriert, so wird zum Block 51 verzweigt, wo der Erwartungswert z und anschließend in Block 48 auch der aktuelle Gang i auf diesen Wert j festgelegt wird. Das Verfahren wird dann in Block 49 fortgesetzt, wo die Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ auf der Basis des alten oder gegebenenfalls auf der Basis des neuen Erwartungswertes z ermittelt wird.

Der vierte Teil dient also dazu, eine auf Basis des Erwartungswertes z zuvor durchgeführte vorläufige Drehzahlsynchronisation beim Einspuren in eine Schaltgasse 15—20 gegebenenfalls zu korrigieren. Die vorläufige Drehzahlsynchronisation dient dazu, auf der Basis des Erwartungswertes z die zu überwindende Drehzahldifferenz und somit die für die Drehzahlsynchronisation benötigte Zeitspanne zu verringern. Im Zweifelsfalle hat die endgültige Drehzahlsynchronisation jedoch absoluten Vorrang.

Wurde in den Blöcken 40, 44 und 50 kein Signal eines Gangwahlsensors 11 registriert, so wird in Block 52 überprüft, ob der Handschalthebel 10 seine Rastposition B_i erreicht hat. Solange diese Rastposition B_i nicht erreicht ist wird zum Block 49 zurückgesprungen, wo jeweils die Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ aktualisiert wird. Beim Erreichen der Rastposition B_i wird vom Block 53 zum Block 54 verzweigt, wo das Verfahren beendet wird.

Die vorläufige und die endgültige Drehzahlsynchronisation laufen folgendermaßen ab: ausgehend von der Ausgangsdrehzahl n_{aus} des Schaltgetriebes 3 und von dem angestrebten Gang z wird anhand des jeweiligen Übersetzungsverhältnisses f_z die Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ berechnet, bei der die in Eingriff zu bringenden Zahnräder des Schaltgetriebes 3 mit gleicher Drehzahl umlaufen. Da sich die Drehzahl n_{aus} der Getriebeausgangswelle 7 während des Schaltvorgangs ändern kann, muß die Berechnung der Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ laufend erfolgen. Mit Hilfe des Elektromotors 2 wird dann die Getriebeeingangswelle 4 auf diese Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ beschleunigt beziehungsweise verzögert. Dies gilt ebenso bei einer Veränderung der Getriebeeingangsdrehzahl n_{ein} aufgrund von Reibung.

Die vorläufige Drehzahlsynchronisation wird aber nur dann durchgeführt, wenn die Solldrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ eine vorgegebene Höchstdrehzahl $n_{\text{max}}(z)$ beziehungsweise Mindestdrehzahl $n_{\text{min}}(z)$ nicht übersteigt beziehungsweise unterschreitet. In diesem Fall wird die Drehzahlsynchronisation erst dann durchgeführt, wenn der Handschal-

hebel 10 in eine Schaltgasse 15—20 eingespurt wird.

Zusätzlich kann auch noch für die endgültige Drehzahlsynchronisation eine kritische Drehzahl $n_{kri(i)}$ vorgegeben werden, oberhalb der auch die endgültige Drehzahlsynchronisation unterdrückt wird.

Für einen ordnungsgemäßen Schaltvorgang reicht es aber nicht aus, daß sich die in Eingriff zu bringenden Zahnräder mit gleicher Drehzahl bewegen. Solange nämlich durch den Elektromotor 2 ein Drehmoment auf die Getriebeeingangswelle 4 übertragen wird, befindet sich ein nicht dargestellter Synchronring des Schaltgetriebes 3 in Sperrlage. Um dem Synchronring den nötigen Freigang zu verschaffen, muß der Elektromotor 2 drehmomentfrei geschaltet werden. Um zu gewährleisten, daß die Drehzahl n_{rech} immer wieder auf die Synchrondrehzahl $n_{soll}(z)$ nachkorrigiert werden kann, wird vorgeschlagen, daß der Elektromotor 2 nach dem erstmaligen Erreichen der Synchrondrehzahl $n_{soll}(z)$ nur intermittierend drehmomentfrei geschaltet wird.

Ein weiteres Problem bei der Drehzahlsynchronisation besteht darin, daß es aufgrund von endlichen Meßintervallen, Rechenzeiten, Triebstrangschwingungen, usw. nicht möglich ist, die Synchrondrehzahl $n_{soll}(z)$ exakt einzustellen. Ein Durchlaufen der Synchrondrehzahl $n_{soll}(z)$ soll aber vermieden werden, da sonst der Synchronring die Sperrlage von einem zum gegen überliegenden Anschlag wechseln würde. In dieser Zeit würde der Synchronring den Weg zum Durchrasten der Schaltklauen freigeben. Dadurch könnten die Schaltklauen beschädigt werden. Aus diesem Grund wird vom Steuergerät 13 vorzugsweise nicht die exakte Synchrondrehzahl n_{rech} als Drehzahlsollwert $n_{soll}(z)$ vorgegeben, sondern ein Drehzahlsicherheitsabstand $\pm \Delta n$, der geringfügig größer als die Drehzahl-Toleranzabweichung ist, belassen. Bei der Drehzahlsynchronisation wird demnach die Synchrondrehzahl $n_{soll}(z)$ bis auf einen Abstand $\pm \Delta n$ durch den Elektromotor 2 angefahren und anschließend drehmomentfrei geschaltet. Die verbleibende Drehzahlanpassung erfolgt dann durch den Synchronring selbst. Bei einer Anordnung, bei der zwischen Elektromotor 2 und Schaltgetriebe 3 eine Trennkupplung 6 vorgesehen ist, kann auf den Drehzahlsicherheitsabstand $\pm \Delta n$ verzichtet werden. Das Vorzeichen des Drehzahlsicherheitsabstandes $\pm \Delta n$ berücksichtigt lediglich, daß es sich um ein Hochschalten oder Herunterschalten handeln kann. Dies bedeutet aber keinesfalls, daß die exakte Synchrondrehzahl n_{rech} — aus höherer oder tieferer Ausgangsdrehzahl kommend — überfahren werden darf. Viele Schaltgetriebe 3 werden eine Vernachlässigung dieses Aspekts in der Praxis schadensfrei überstehen, sofern die Trennkupplung 5 nicht zu früh geschlossen wird.

Für den Rückwärtsgang können zusätzlich noch Sensoren 11, 12, vorgesehen werden, die die Bewegung des Handschalthebels 10 durch die Punkte A_r , B_r und C_{r-1} erkennen. Da der Rückwärtsgang jedoch nur bei Rangiergeschwindigkeit eingelegt werden kann, sind spezielle technische Maßnahmen für diesen Fall im allgemeinen nicht notwendig. Denn selbst wenn beim Auskuppeln im ersten Gang sofort die Drehzahl $n_{soll}(2)$ des zweiten Gangs vorsynchronisiert wird, beeinträchtigt dies nicht die Schaltbarkeit des Rückwärtsgangs, weil das Steuergerät die Synchrondrehzahl $n_{soll}(z)$ laufend an die aktuelle Fahrgeschwindigkeit anpaßt. Da sich das Fahrzeug beim Einlegen des Rückwärtsgangs aber zumindest annähernd im Stillstand befindet bedeutet dies, daß auch die Synchrondrehzahl $n_{soll}(2)$ des zweiten Ganges annähernd bei Null liegt. Somit ist der Schaltvorgang problemlos möglich. Um zu verhindern, daß im Stillstand des Fahrzeugs beim Einlegen eines Gangs nicht zufällig Zahn auf Zahn steht, wird die Getriebeeingangswelle 4 durch den Elektromotor 2 langsam mit schwachen Pulsstößen in Bewegung versetzt. Die drehmomentfreien Phasen zwischen den einzelnen Pulsstößen sind notwendig, um den Synchronring Gelegenheit zu geben, die Schaltklauen des Schaltgetriebes 3 in die richtige Lage zu rücken. Bei einem kontinuierlichen Weiterdrehen des Elektromotors 2 wäre dies nicht möglich. Nach dem Überschreiten der Signalpunktes A_r werden die Pulsstöße abgeschaltet.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Position des Handschalthebels 10 mit Hilfe von vier Potentiometern P_{1-4} bestimmt. Drei dieser Potentiometer P_{1-3} sind zur Erkennung der Stellung der Schalthebel 25—27 direkt am Schaltgetriebe 3 angeordnet. Das vierte Potentiometer P_4 zur Erkennung der Querbewegung befindet sich am Handschalthebel 10. Somit erfassen die Potentiometer P_{1-4} jeweils die Bewegung des Handschalthebels 10 in den Schaltgassen 15—16, 17—18, 19—20 beziehungsweise in der neutralen Gasse 21. Der mögliche Wertebereich der Potentiometer P_{1-4} ist jeweils in fünf unterschiedlich große Bereiche g_{g1} , n_1 aufgeteilt, die den in Fig. 6 gezeigten Positionen G_{g1} , N_1 innerhalb der Schaltkulisie 14 entsprechen. Hierbei bezeichnet der Index g den jeweiligen Gang und 1 die Lage in der jeweiligen Schaltgasse 15—20.

Die Bereiche g_{g1} , n_1 der einzelnen Potentiometer P_{1-4} stehen aufgrund des mechanischen Aufbaus der Schaltkulisie 14 in Korrelation zueinander. Deshalb hat die Stellung eines der Potentiometer P_{1-4} innerhalb einer Schaltgasse 15—21 bei korrekter Funktion der Potentiometer P_{1-4} automatisch einen Bereich g_{g1} , n_1 , in dem sich die anderen Potentiometer befinden, zur Folge. Die möglichen Kombinationen dieser Potentiometerbereiche g_{g1} , n_1 können in einer Tabelle abgelegt werden, wobei in jeder Zeile dieser Tabelle die zugehörige Position G_{g1} , N_1 des Handschalthebels 10 abgelegt ist. Zusätzlich wird in jeder Zeile die Information abgelegt, ob im jeweiligen Bereich G_{g1} , N_1 die Drehzahlsynchronisation aktiviert wird. In Fig. 6 sind die Bereiche, in denen die aktive Synchronisation durchgeführt wird, schraffiert dargestellt. Wird eine ungültige Kombination detektiert, so kann auf einen Potentiometer-Defekt oder auf einen Fehler in der Mechanik geschlossen werden. In diesem Fall wird der Elektromotor 2 stromlos geschaltet.

Durch die Verwendung der Potentiometer P_{1-4} ist es außerdem jederzeit möglich, die Richtung der Schalthebelbewegung zu bestimmen. Hierzu wird lediglich der jeweils aktuelle Potentiometerwert mit dem jeweils letzten Wert verglichen, wobei beide Potentiometerwerte auch im selben Potentiometerbereich g_{g1} , n_1 liegen können. Bei einer Umkehr der Richtung der Schalthebelbewegung kann somit schneller ein neuer Erwartungswert z vorgegeben werden. Außerdem kann mit den Potentiometern P_{1-4} ein sogenanntes Toggelfilter realisiert werden. Als Toggeln bezeichnet man das mehrfache Hin- und Herbewegen des Handschalthebels 10 in den Bereichen $N12$, Nm , $N34$ innerhalb der neutralen Gasse 21, ohne daß hierbei ein Gang eingelegt wird. In diesem Fall wird die aktive Synchronisation abgeschaltet, um unnötige Geräusche und Energieverbrauch durch den Elektromotor 2 zu verhindern.

Analog zum ersten Ausführungsbeispiel kann auch bei dieser Anordnung die Drehzahlinformation n_{aus} durch

Vergleich mit vorgegebenen Minstdrehzahlen $n_{\min}(i+1)$ beziehungsweise Höchstdrehzahlen $n_{\max}(i-1)$ zur Ermittlung des Erwartungswertes z verwendet werden. Die eigentliche Berechnung der Solldrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ erfolgt dann nach der Formel

$$n_{\text{sol}}(z) = \{n_{\text{aus}} * f_z + \text{kor}[\text{beschl}][z]\} * \sigma(x)$$

wobei $\text{kor}[\text{beschl}][z]$ ein zweidimensionales Array mit Korrekturfaktoren, mit deren Hilfe ein Drehzahlsicherheitsabstand $\pm \Delta\eta$ vorgegeben werden kann, und $\sigma(x)$ den Einheitssprung darstellt. Die Variable $[\text{beschl}]$ hat den Wert eins beziehungsweise null, falls die Synchrondrehzahl $n_{\text{sol}}(z)$ motorisch beziehungsweise generatorisch angefahren wird. Der Einheitssprung $\sigma(x)$ hat den Wert eins, falls x im Synchronisationsbereich liegt und ansonsten null.

Alternativ zum Einheitssprung können beispielsweise auch Rampen oder andere Funktionen innerhalb eines Fuzzy-Reglers implementiert werden. Fuzzy-Regler weisen den Vorteil auf, daß es für die Schaltkulissen-Bewegung keine harten Entscheidungsschwellen gibt. Dies hat zur Folge, daß die empfindliche Sensorik der Schaltkulisse und die dazugehörigen Parameter weniger schnell zu einem Fehlverhalten der aktiven Synchronisation führen. Kleinere Drifts in der Sensorik können hierbei sogar vernachlässigt werden und das Verhalten des Reglers insgesamt wird stabiler. Vorteilhaft ist auch die Tatsache, daß die Regeln verbal beschrieben sind. Der Regler ist dadurch leichter modifizierbar und kann gegebenenfalls sogar an das Verhalten des jeweiligen Fahrers angepaßt werden. Da die Synchrondrehzahl für den jeweils gewünschten Gang z keine Sprünge aufweist, sondern stetig angefahren wird, wird außerdem das Über- beziehungsweise Unterschwing-Verhalten bei Drehzahländerungen des Elektromotors gedämpft. Schließlich kann anhand des Verlaufs der Synchrondrehzahl auch eine implizite Tendenz-Analyse für die Schalthebelbewegung vorgenommen werden. Somit kann indirekt eine statische oder auch dynamische Analyse des Schaltvorgangs ermittelt werden. Die stetigen Änderungen der Synchrondrehzahl bewirken zudem eine Geräuschreduzierung, da der Elektromotor nicht mehr sprunghaft seine neu einzustellende Drehzahl anfährt.

Bei Fuzzy-Reglern werden den Eingangs- und Ausgangsgrößen jeweils eine Zugehörigkeitsfunktion zugeordnet. In Fig. 7 sind Zugehörigkeitsfunktionen für die Bewegung der Schalthebel 25—27 gezeigt. Die Zugehörigkeitsfunktionen beschreiben jeweils die Wahrscheinlichkeit, mit der eine vorgegebene Aussage in Abhängigkeit von einem Meßwert zutrifft. Als Meßwert wird in Fig. 7 der relative Weg des Handschalthebels 10 in der jeweiligen Schaltgasse 15—20 verwendet. Der relative Weg wird für alle Schaltgassen durch eine lineare Normierung der Potentiometerspannungen auf eine vorgegebene Bandbreite von 0—100% angepaßt. Die Zugehörigkeitsfunktionen X_e , Y_e entsprechen dabei der Aussage "Gang X, Y ist eingelegt". Entsprechend wird X_a , Y_a der Aussage "Gang X, Y ist fast eingelegt" zugeordnet. Fast eingelegt bedeutet in diesem Zusammenhang, daß der Handschalthebel sich in der entsprechenden Schaltgasse 15—20 befindet, jedoch nicht eingespurt ist. Die Zugehörigkeitsfunktion N_{xy} entspricht schließlich der Aussage "Schalthebel XY in neutraler Position". Die Variable X kann hierbei die Werte 1, 3 oder 5 annehmen, Y die Werte 2, 4 oder R für Rückwärtsgang.

Die Fig. 8—10 zeigen entsprechende Zugehörigkeitsfunktionen für die Schalthebelbewegung in der neutralen Gasse 21, für die Drehzahl n_{mot} des Elektromotors 2 und für den zuletzt eingelegten

Ausgangsgrößen ermittelt. Sobald der Ausgangswert "Gang" eingelegt die Größe "ja" anliegen hat, kann über den Ausgangswert Erwartungswert z ermittelt werden, welcher Gang i eingelegt worden ist. Eine Aktualisierung erfolgt in Abhängigkeit zur Zugehörigkeitsfunktion "ja" der Ausgangsgröße "Gang eingelegt". Die Drehzahl n_{mot} des Elektromotors 2 errechnet sich aus dem zuletzt eingelegten Gang i_{alt} und der Ausgangsdrehzahl n_{aus} des Schaltgetriebes 3. Der Wert wird kontinuierlich durch die Ausgangsdrehzahl n_{aus} aktualisiert.

Als Ergebnis liefert der Fuzzy-Regler einen Wert für die Solldrehzahl $n_{soll}(z)$. Diese Solldrehzahl $n_{soll}(z)$ wird auf der Basis der Zugehörigkeitsfunktionen und einer Entscheidungstabelle, wie sie auszugsweise in Tab. 1 gezeigt ist, anhand einer der bekannten Fuzzy-Regelalgorithmen ermittelt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Drehzahlsynchronisation für ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb, bestehend aus einem Verbrennungsmotor, der über eine Kupplung und ein Schaltgetriebe mit einer Antriebswelle des Kraftfahrzeugs verbunden ist, einem Elektromotor, welcher zumindest zeitweise mit einer Getriebeeingangswelle des Schaltgetriebes kraftschlüssig verbindbar ist, Gangerkennungssensoren zur Erkennung, ob ein Gang eingelegt ist, Gangwahlsensoren zur Erkennung, in welcher Gasse der Schaltkulisse der Handschalthebel bewegt wird, und einem Steuergerät, in dem bei geöffneter Kupplung anhand der Signale der Gangerkennungssensoren der Beginn eines Schaltvorgangs und anhand der Signale der Gangwahlsensoren der gewünschten Gang erkannt wird und in dem in Abhängigkeit vom gewünschten Gang und von der Drehzahl der Getriebeausgangswelle eine Solldrehzahl für die Getriebeeingangswelle laufend ermittelt und mit Hilfe des Elektromotors eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß im Steuergerät (13) bereits vor dem Erreichen der gewünschten Schaltgasse (15—20) zumindest ein Erwartungswert (z) für den gewünschten Gang ermittelt wird, daß auf der Basis des Erwartungswertes (z) eine vorläufige Solldrehzahl ($n_{soll}(z)$) für die Getriebeeingangswelle (4) ermittelt und mit Hilfe des Elektromotors (2) laufend eingestellt wird, daß beim Einführen des Handschalthebels (10) in eine Schaltgasse (15—20) der gewünschte Gang (i) erkannt und mit dem Erwartungswert (z) verglichen wird, und daß dann, wenn der gewünschte Gang (i) vom Erwartungswert (z) abweicht, auf der Basis des gewünschten Ganges (i) eine endgültige Solldrehzahl ($n_{soll}(i)$) ermittelt und mit Hilfe des Elektromotors (2) eingestellt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Ausspuren des Handschalthebels (10) aus dem niedrigsten beziehungsweise höchsten Gang (i) der nächst höhere ($i+1$) beziehungsweise niedrigere Gang ($i-1$) als Erwartungswert (z) vorgegeben wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn die ermittelte vorläufige Solldrehzahl ($n_{soll}(z)$) eine für den gewünschten Gang (z) vorgegebene Höchst- ($n_{max}(z)$) beziehungsweise Mindestdrehzahl ($n_{min}(z)$) übersteigt beziehungsweise unterschreitet, die vorläufige Drehzahlsynchronisation unterdrückt wird.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bereits beim Ausspuren des Handschalthebels (10) aus dem aktuellen Gang (i) vorläufige Solldrehzahlen ($n_{soll}(i+1)$) für die Getriebeeingangswelle (4) auf der Grundlage des nächst höheren Ganges ($i+1$) ermittelt wird und daß dann, wenn diese vorläufige Solldrehzahl ($n_{soll}(i+1)$) die Mindestdrehzahl ($n_{min}(i+1)$) für den nächst höheren Gang ($i+1$) unterschreitet, der nächst niedrigere Gang ($i-1$) als Erwartungswert (z) vorgegeben wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bereits beim Ausspuren des Handschalthebels (10) aus dem aktuellen Gang (i) vorläufige Solldrehzahlen ($n_{soll}(i-1)$) für die Getriebeeingangswelle (4) auf der Grundlage des nächst niedrigeren Ganges ($i-1$) ermittelt wird und daß dann, wenn diese vorläufige Solldrehzahl ($n_{soll}(i-1)$) die Höchstdrehzahl ($n_{max}(i-1)$) für den nächst niedrigeren Gang ($i-1$) übersteigt, der nächst höhere Gang ($i+1$) als Erwartungswert (z) vorgegeben wird.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn erkannt wird, daß der Handschalthebel (10) entlang der neutralen Gasse (21) zwischen zwei Schaltgassen (15—20) bewegt wird, der nächst höhere ($i+1$) beziehungsweise niedrigere Gang ($i-1$) der benachbarten Schaltgassen (15—20) als Erwartungswert (z) vorgegeben wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn die ermittelte vorläufige Solldrehzahl ($n_{soll}(z)$) eine für den gewünschten Gang (z) vorgegebene kritische Höchstdrehzahl ($n_{krit}(z)$), die höher als die entsprechende Höchstdrehzahl ($n_{max}(z)$) liegt, übersteigt, die Drehzahlsynchronisation unterdrückt wird.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Solldrehzahl ($n_{soll}(z)$) als Summe aus dem rechnerischen Sollwert (n_{rech}) für die Getriebeeingangswelle (4), der aus der gemessenen Ausgangsdrehzahl (n_{aus}) des Schaltgetriebes (3) anhand des Übersetzungsverhältnisses (i_z) ermittelt wird, und ein Drehzahlsicherheitsabstand ($\pm \Delta n$) vorgegeben wird, wobei der Drehzahlsicherheitsabstand ($\pm \Delta n$) beim Hochschalten einen negativen Wert und beim Herunterschalten einen positiven Wert annimmt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugstillstand und bei geöffneter Kupplung (5) die Getriebeeingangswelle (4) mit Hilfe des Elektromotors (2) schrittweise bewegt wird.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (2) bei geöffneter Kupplung (5) und nach dem Erreichen der Solldrehzahl ($n_{soll}(z)$) intermittierend drehmomentfrei geschaltet wird.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung des Erwartungswertes (z) für den gewünschten Gang in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung des Handschalthebels (10), die mit Hilfe der Gangerkennungs- und der Gangwahlsensoren (11) ermittelt wird, erfolgt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn sich die Bewegungsrichtung des Handschalthebels (10) innerhalb der neutralen Gasse (21) mehrmals ändert, ohne daß der Handschalthebel (10) zwischenzeitlich in eine Schaltgasse (15—20) eingespurt wurde, die Synchronisation abgebrochen wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Erwartungswert (z) für den gewünschten Gang anhand einer Fuzzy-Logik ermittelt wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 3

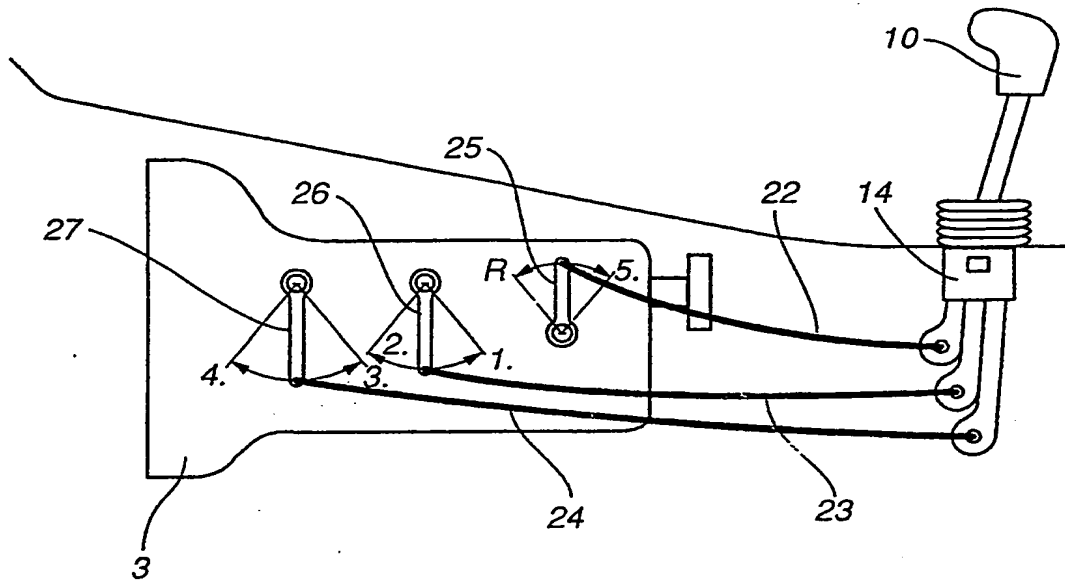


Fig. 4

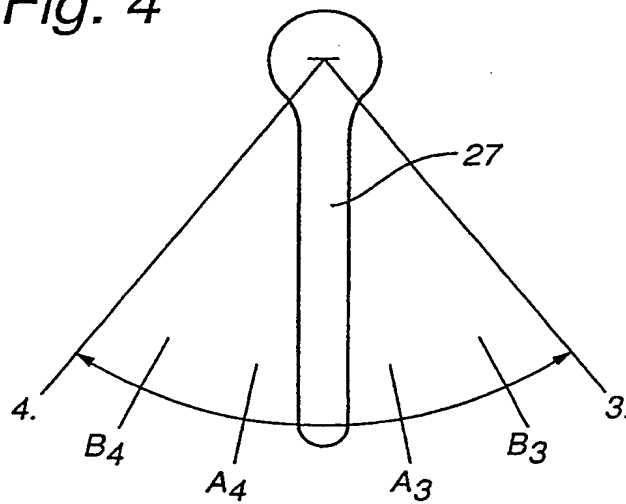


Fig. 6

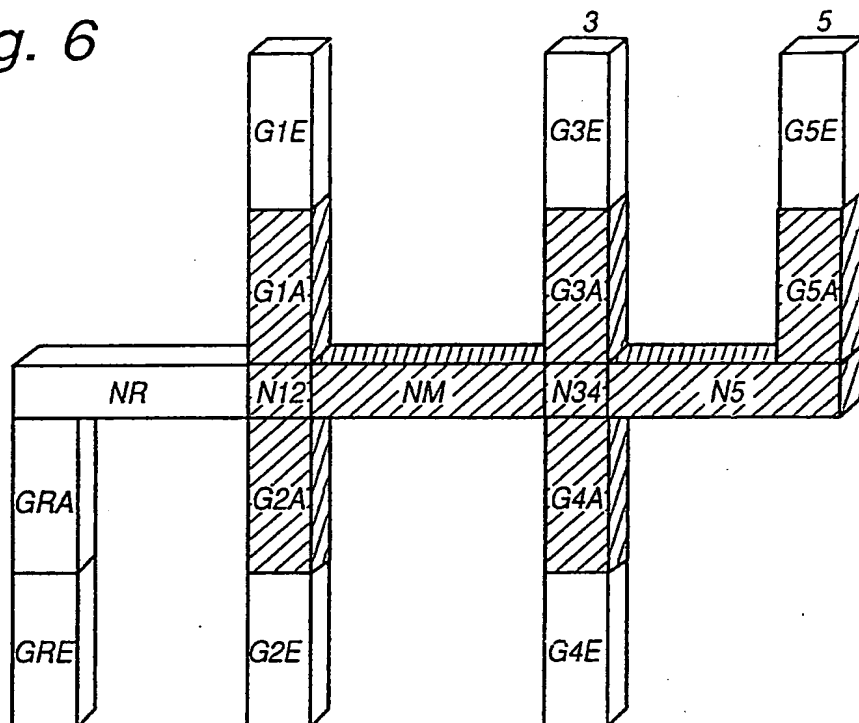


Fig. 7

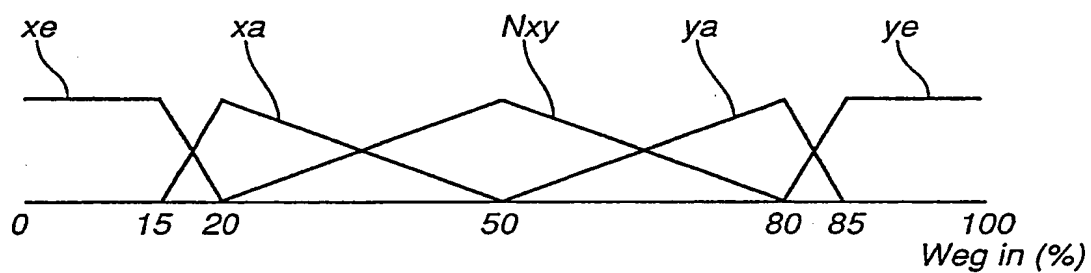


Fig. 8

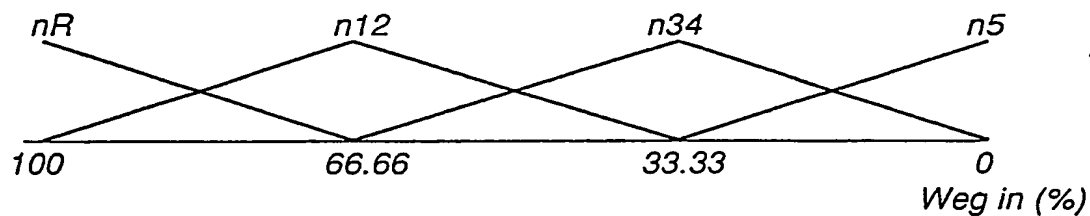


Fig. 9

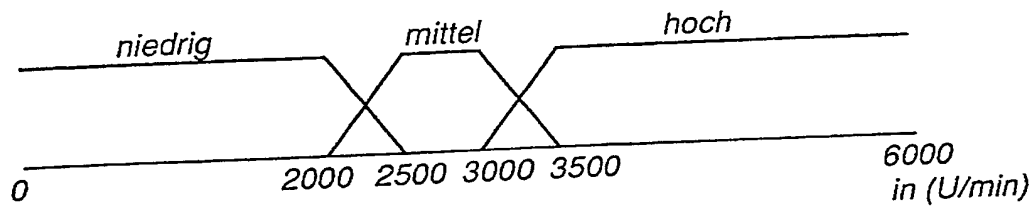


Fig. 10

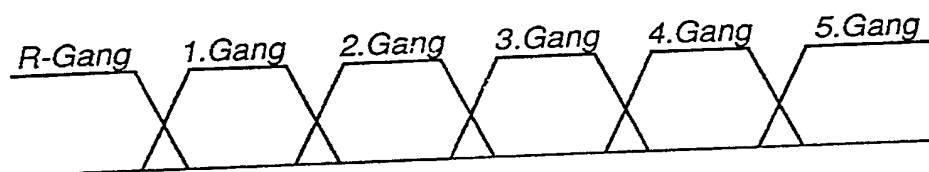


Fig. 11

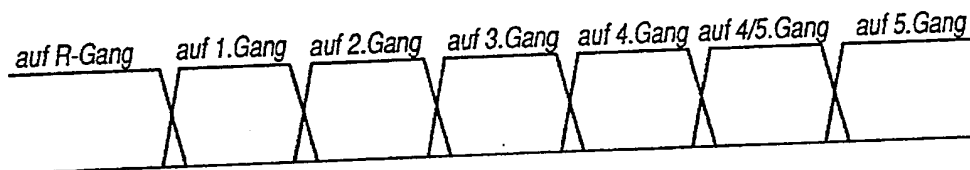


Fig. 12

